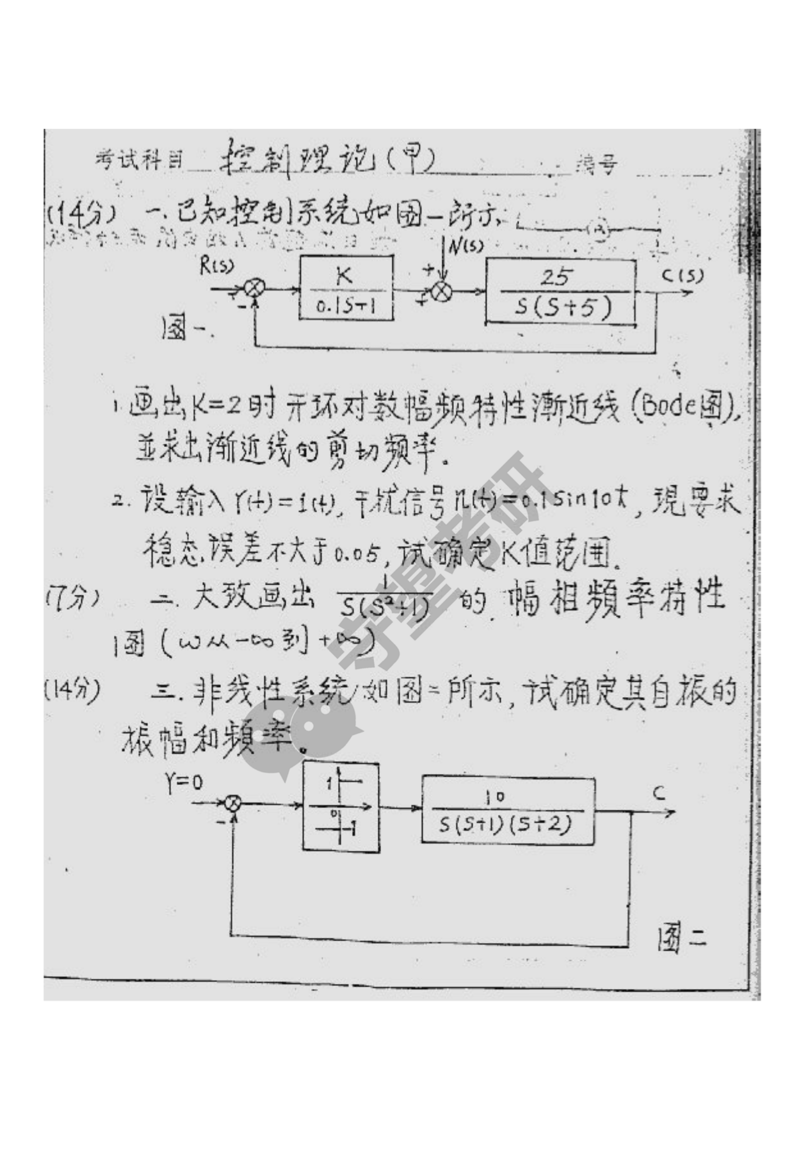


考试科目 控制理论（甲） 编号

(14分) 一.已知控制系统如图一所示。

1. 画出K=2时开环对数幅频特性渐近线（Bode图），并求出渐近线的剪切频率。

2. 设输入 $r(t)=1(t)$，干扰信号 $n(t)=0.1\sin 10t$，现要求稳态误差不大于0.05，试确定K值范围。

(7分) 二.大致画出 $\frac{1}{S(S^2+1)}$ 的幅相频率特性图（ω从 $-\infty$ 到 $+\infty$）

(14分) 三.非线性系统如图二所示，试确定其自振的振幅和频率。

已知：

$N(X) = \frac{4M}{\pi X}$

(15分) 四. 已知采样系统如图三所示，$G_h(s)$ 为零阶保持器，$D(s)$ 数字控制器，$G_0(s)$ 为对象的传递函数

图三

1. 推导零阶保持器传递函数 $G_h(s)$，及幅频和相频特性表达式。

2. 若 $G_0(s) = \frac{4}{s(s+2)}$，采样周期 T=1秒，$r(t) = 1(t)$

确定最小拍系统的数字控制器脉冲传递函数 $D(z)$

已知

F(s)	F(z)
$\frac{1}{s}$	$\frac{z}{z-1}$
$\frac{1}{s^2}$	$\frac{zT}{(z-1)^2}$
$\frac{1}{s+a}$	$\frac{z}{z-e^{-aT}}$

(25分) 五 已知系统方程为

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{x}_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & -5 & 5 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 2K \end{bmatrix} u$$

$$y = (1 \quad 0 \quad 0)(x_1 \quad x_2 \quad x_3)^T$$

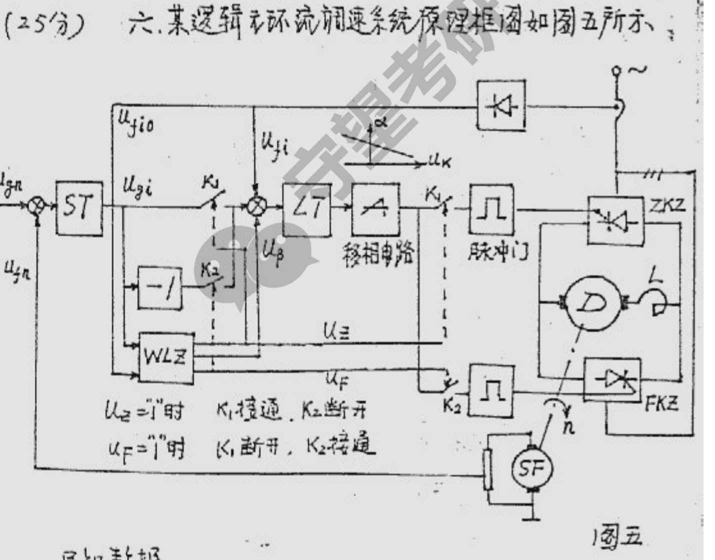
式中 K为放大器增益

1. 试确定状态反馈阵F和增益K，使闭环系统(如图四所示)满足超调量 $M_p=0.095$，调整时间 $t_s=1.33$秒(±2%误差) 且在单位阶跃输入下稳态误差为0，即 $r(t)=1(t)$ 时 $\lim_{t\to\infty} y(t)=1$

图四

2. 若题1的状态不能测量，试设计状态观测器。

(25分) 六. 某逻辑无环流调速系统原理框图如图五所示，



图五

已知数据

电动机：$U_{ed}=220^V$，$I_{ed}=15$安，$n_{ed}=1500$ rpm，

电枢电阻 $R_a=1\Omega$，电流过载倍数 $\lambda=1.5$

整流电路：两组相同，三相桥式，$K_s=30$，内阻 $R_n=1\Omega$

ST、LT都是PI调节器，输出限幅均为±10伏，

最大速度给定值 $U_{gnm}=\pm15^V$，试求：

1. 当 $U_{gn}=+10^V$，恒转矩负载 $I_{fz}=10$安 稳定运行时的 n，U_{fn}，U_{gi}，U_{fi}，U_K，I_d 各为多少？

2. 当系统工作在题1状态下，电网电压若突然下降10%系统工作状态如何？计算重新稳定后的 n，U_{fn}，U_{gi}，U_{fi}，U_K，I_d值

3. 当系统工作在题1条件下突然将 U_{gn} 由 $+10^V$ 变至 -10^V 时，试定性画出系统反向过程中的 n，U_{gi}，U_K，I_d，U_Z，U_F，U_p 的波形，指出反向过程中两组晶闸管和电动机所经历的工作状态及能量转换关系，并计算重新稳定后的 n，U_{fn}，U_{gi}，U_{fi}，I_d 及 U_K 值。

(一)（10分）

控制系统的结构如下

R(S) →(+)⊗→ K → $\frac{2}{S+2}$ → $\frac{20}{S(S+20)}$ → C(S)，单位负反馈（−）

设输入信号 $r(t)=t$，要求系统的稳态误差 $e_{ss}\leq 0.2$，幅值裕量 $20\lg K_g>6\,db$。试求满足上述条件時K的取值范围。

(二)（15分）

闭环控制系统如图示

R(S) →(+)⊗→ $\frac{10}{S(S-1)}$ → C(S)，反馈通道 $1+0.01S$（−）

要求：(1) 绘出系统的Nyquist曲线图；

(2) 用Nyquist判据判断闭环系统的稳定性，并说明S右半平面是否存在闭环极点，如有，则应指出有几个。

(三) (20分)

闭环系统如图示

$R(s)$ →(+)⊗→ [2] → $\frac{5}{s(1+s)(1+0.4s)}$ → $C(s)$，负反馈 (−)

性能指标：(1) 为保证系统有足够稳定性，要求相角裕量 $\gamma \ge 50^\circ$；

(2) 要求校正後系统的剪切频率 ω_c 满足

$$1 \le \omega_c < 2.5 \quad (rad/s)$$

试求：(1) 满足上述要求的校正装置 $G_c(s)$；

(2) 在同一張 Bode 图上画出未校正系统、校正装置及已校正系统的对数幅频曲线。

(四) (15分)

如图所示桥式电路，状态变量选 i_L，V_c，输出为 i_L，求系统的状态方程与输出方程，当电桥中参数满足 $R_1R_4 = R_2R_3$ 时，试研究可控性和可观测性。

(五) (15分)

已知系统状态方程为 $\dot{x} = -x + u$，$x(0)=$ [illegible]，试用最小值原理求使目标函数 $J = \frac{1}{2}\int_0^1 (x^2 + u^2)dt$ 为最小的最优控制 $u^*(t)$ 和最优轨线 $x^*(t)$。

四、自动控制系统部分（25分）

双闭环调速系统实验线路如下：

已知，电动机参数为 $P_{ed}=3KW$，$U_{ed}=220^{V}$，$I_{ed}=17.5^{A}$

$n_{ed}=1500$ rpm　电枢电阻 $R_a=1\Omega$，电流过载倍数 $\lambda=1.5$

晶闸管装置，三相桥式全控，内阻（包含电抗器内阻）$R_n=1.2\Omega$

电枢回路总电感 $L=150^{mH}$，$K_s=70$。

速度和电流调节器都采用近似的PI调节器，其输出限幅值分别为 $U_{gim}=5^{V}$，$U_{Km}=3.5^{V}$

速度给定最大电压 $U_{gnm}=10^{V}$

(一) 分别计算当速度给定 $U_{gn}=5^{V}$，负载电流 $I_{fz}=10$安，电枢串接电阻 R_z 被短路的条件下稳定运行时的 n，U_{gi}，U_{fn}，U_{fi}，U_K 值以及电流表Ⓐ和电压表Ⓥ中的读数。

(二) 同题(一)稳定运行时，若突然断开速度反馈线，会出现什么现象吗？分别计算当新稳定运行后的题(一)各参

数值。

（三）分别写出正常工作段和下垂特性段的系统静特性方程式。若要做一条系统的静特性（直到堵转点），应调节什么参数，测量哪几个参数？闸刀K放在哪一边？并简述原理。

（四）电流环动态指标要求超调量 $\sigma_i\% \leq 5\%$，电流反馈滤波时间常数 T_{oi} 取0.005秒，设计电流调节器。



一.[12分] 已知一控制系统的方块图如图(1)所示，试画出该系统的根轨迹，并确定在阶跃输入信号作用下，系统输出响应无超调的K值范围。

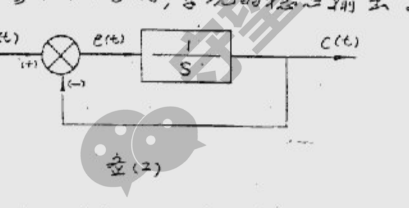
R(S) (+) (−) $\frac{K(S+2)(S+3)}{S(S+1)}$ C(S)

图(1)

二.[12分] 某单位反馈系统如图(2)所示。

试求：1) 当 $r(t)=2\sin 3t$ 时，系统的稳态误差，

2) 当 $r(t)=t$ 时，系统的稳态输出。



图(2)

三.[12分] 画出具有开环传递函数

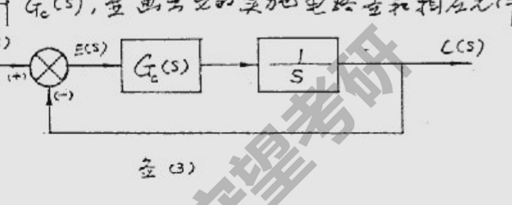
$$G(s)H(s)=\frac{K(1+0.5S)(1+S)}{(1+10S)(S-1)}$$

的系统的奈奎斯特示意图；并确定开环系统稳定时K的取值范围。

四.〔14分〕已知一控制系统的方块图如图(3)所示，其中$G_c(s)$为待求校正装置的传递函数。要求校正后的系统能同时满足下列性能要求：

1) 跟踪单位斜坡输入位无稳态误差；
2) 跟踪单位抛物线函数输入，要求系统的稳态误差等于0.1，且相位裕量为45°。

试设计$G_c(s)$，并画出它的实施电路图和相应元件的参数。



图(3)

五.〔10分〕已知系统的系数矩阵

$$A=\begin{bmatrix}0&1&0&0\\0&0&1&0\\0&0&0&1\\1&0&0&0\end{bmatrix}$$

试用凯勒—哈密顿定理求A^7-A^3+2I的值。

六.〔15分〕判别下列系统的状态能控性。(可以不用计算直接回答，但要说明其原因。)

1)

$$\begin{bmatrix}\dot{x}_1\\ \dot{x}_2\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}1 & 0\\ 0 & 1\end{bmatrix}\begin{bmatrix}x_1\\ x_2\end{bmatrix}+\begin{bmatrix}1\\ 1\end{bmatrix}u$$

2)

$$\begin{bmatrix}\dot{x}_1\\ \dot{x}_2\\ \dot{x}_3\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}-1 & 1 & 0\\ 0 & -1 & 0\\ 0 & 0 & 2\end{bmatrix}\begin{bmatrix}x_1\\ x_2\\ x_3\end{bmatrix}+\begin{bmatrix}0 & 0\\ 1 & 0\\ 0 & 1\end{bmatrix}u$$

3)

$$\begin{bmatrix}\dot{x}_1\\ \dot{x}_2\\ \dot{x}_3\\ \dot{x}_4\\ \dot{x}_5\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}\lambda_1 & 1 & 0 & 0 & 0\\ 0 & \lambda_1 & 1 & 0 & 0\\ 0 & 0 & \lambda_1 & 0 & 0\\ 0 & 0 & 0 & \lambda_4 & 1\\ 0 & 0 & 0 & 0 & \lambda_4\end{bmatrix}\begin{bmatrix}x_1\\ x_2\\ x_3\\ x_4\\ x_5\end{bmatrix}+\begin{bmatrix}1\\ 1\\ 2\\ 3\\ 0\end{bmatrix}u$$

七.[25分] 晶闸管励磁、发电机组供电的直流调速系统如图(4)所示，已知参数如下：

(1) 发电机：放大系数 $K_f=E_G/I_B=12$ 伏/安，励磁回路总电阻 $R_B=5$ 欧姆，总电感 $L_B=5$ 亨利；

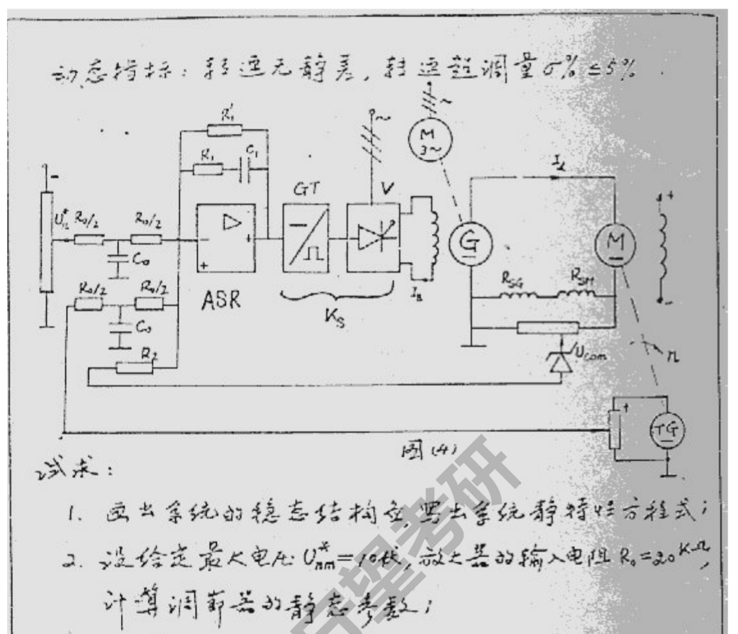
(2) 电动机：额定电流 $I_{nom}=375$ 安，额定速度 $n_{nom}=1000$ r/m，电势系数 $C_e=0.204$ V·m/r；

(3) 电枢回路总电阻 $R=R_{aG}+R_{aM}+R_S=0.124$ 欧姆

(4) 触发器晶闸管装置 GT-V 放大系数 $K_s=30$；

(5) 调速系统的静态指标 $D=50$，$S\le5\%$；

动态指标：转速无静差，转速超调量σ%≤5%



图(4)

试求：

1. 画出系统的稳态结构图，写出系统静特性方程式；

2. 设给定最大电压 $U_{nm}^*=10$伏，放大器的输入电阻 $R_0=20K\Omega$，计算调节器的静态参数；

3. 画出系统的动态结构图；

4. 不考虑截止电流反馈回路，且考虑空载，假设电动机的传递函数可用两个惯性环节来表示，其时间常数分别为 $T_1=0.05$秒，$T_2=0.02$秒，晶闸管失控时间 $T_S=0.0017$秒，试设计调节器的动态参数。

一. 题(15分):

设一机械振动系统如右图所示,其中动块质量 $m=80$公斤,弹簧 $K=300$ 牛顿/米,阻尼 $f=180$ 牛顿/米/秒,求此机械系统的阻尼比 ξ 和无阻尼自然振荡频率 ω_n,当此系统突然受到5牛顿力作用时,求动块 m 的响应曲线(写出相应表达式,并在曲线上注明主要参数,调节时间按误差5%)

二. 题(15分):

设单位负反馈系统开环传递函数 $G(s)=\frac{4}{s(s+0.5)}$ 试设计一个适当的校正装置使系统满足性能指标 $K_v=20$ $\xi=0.5$ $\omega_n=5$,在下列方块图中填入相应传递函数,并画出校正网络的电路图(不要求确定电路参数)

放大器传递函数 | 校正网络传递函数 | $\frac{4}{s(s+0.5)}$

三题(15分):

设一采样系统的方块图如右所示,采样周期 $T=0.25$ 秒,试用劳斯判据求能使系统稳定的 K 值范围。

T | $\frac{K}{s(s+0.25)}$

四题(12分):

已知系统传递函数 $G(s)=\frac{Y(s)}{U(s)}=\frac{b_0 s^m+b_1 s^{m-1}+\cdots+b_{m-1}s+b_m}{s^n+a_1 s^{n-1}+\cdots+a_{n-1}s+a_n}$ $(m<n)$

试将其化为状态空间模型: $\dot{X}=AX+BU$, $Y=CX+DU$

规定:

$$A=\begin{bmatrix}0 & 1 & 0 & \cdots & 0\\ 0 & 0 & 1 & 0 \cdots & 0\\ \vdots & & & & \\ 0 & 0 & 0 & \cdots 0 & 1\\ -a_n & -a_{n-1} & -a_{n-2} & \cdots & -a_1\end{bmatrix}\qquad B=\begin{bmatrix}0\\ \vdots\\ 0\\ 1\end{bmatrix}$$

五题(18分):

1.当系统状态方程 $\dot{X}=AX$ 的状态转移矩阵以下列形式：

$$\Phi(t,0)=\begin{bmatrix} e^{-t} & 0 & 0 \\ 0 & (1-2t)e^{-2t} & 4te^{-2t} \\ 0 & -te^{-2t} & (1+2t)e^{-2t} \end{bmatrix}$$

给出时，试求矩阵A。(12分)

2.试述线性定常系统完全能控性,完全能观性与其传递函数之间的关系。(6分)

六题、回答下列问题(九分)

1. 要改变带截止电流负反馈的单闭环调速系统的转速n，可以调节什么参数？要改变堵转电流 I_{dbl}，可以调节什么参数？

2. 解释可逆调速系统中的待逆变和本组逆变，并说明这二种状态出现在何种场合下。

3. 试比较位置随动系统与调速系统的主要异

七题、某转速电流双闭环调速系统，ASR、ACR都是PI调节器，已知电动机参数为 $U_{nom}=220V$，$I_{nom}=15A$，$n_{nom}=1500r/m$，$Ce=0.2V\cdot m/r$，电流过载倍数λ=1.5，电枢回路总电阻 $R=2.5\Omega$，GT-V的放大倍数 $K_s=32$，最大转速给定电压 $U_{nm}^*=10V$，ASR、ACR输出限幅值均为8V，值转负载电流 $I_{dL}=15A$。

1.求当 $U_n^*=8V$ 稳定运行时的 n、U_n，U_i^*、U_i、U_{ct} 及 I_d 值；

2.求当 U_n^* 由8V突变到-0.8V重新进入稳定运行时的 n、U_n、U_i^*、U_i、U_{ct} 及 I_d 值，并说明此时晶闸管装置与电动机分别处于何种工作状态。(16分)

一、1. 试简述奈奎斯特稳定判据

2. 试应用奈奎斯特稳定判据判下列闭环系统稳定性，并确定闭环系统在S右半平面极点的个数。

a. $G(s)H(s)=\dfrac{K(T_2 s+1)}{s^2(T_1 s+1)}$　　$K>0$　$T_2>0$　$T_1>0$

b. $G(s)H(s)=\dfrac{K}{s(s-10)}$　　$K>0$　　（18分）

二、设一未校正系统如下图所示，$G(s)=\dfrac{2}{s(s+2)}$　$H(s)=1$

现要求闭环主导极点阻尼比 $\zeta=0.5$，无阻尼自然振荡频率 $\omega_n=4$ 弧度/秒，而静态误差系数 $K_v\geq 4$。

1. 采用什么校正方法？为什么？
2. 试设计校正装置，并将相应的校正网络和放大器传递函数写入下面方块图内。
3. 画出校正网络的电路图并决定其参数。　　（15分）

放大增益

校正网络传递函数

$\dfrac{2}{s(s+2)}$

三、设一非线性系统如下图所示，当 $t>0$ 时，$r(t)=0$。

(方框图：r → 比较器 → e → 比较器 → n → 继电特性环节 (±1, ±0.2) → m → $\frac{1}{s^2+1}$ → c；c 经 βs 反馈至第二比较器，c 反馈至第一比较器)

1. 若 $\beta=0$，用解析法写出相迹方程、切换线方程，并在 $e,\dot{e}$ 相平面上画出初始条件 $\dot{e}(0)=0$，$e(0)=0.5$ 和 1 时两个相轨迹，图上应标明切换线和分区。

2. 若 $\beta=0.5$，重复上述。

3. 对系统的运动作简要讨论。 （17分）

四、设一系统传递函数：$G(s)=\dfrac{s+a}{s^3+6s^2+11s+6}$

1. 确定系统为不能控或不能观的 a 值。

2. 列写一状态空间模型，使其为能观不能控，并说明有几个状态变量是能控的（a 值取 1 解中最小值）

3. 用能控能观性各两种判据验证"2"中的模型。 2分

五、设系统：$\begin{bmatrix}\dot{x}_1\\ \dot{x}_2\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}0 & 0\\ 1 & -6\end{bmatrix}\begin{bmatrix}x_1\\ x_2\end{bmatrix}+\begin{bmatrix}1\\ 0\end{bmatrix}u \qquad Y=\begin{bmatrix}0 & 1\end{bmatrix}\begin{bmatrix}x_1\\ x_2\end{bmatrix}$

1. 试根据反馈方程 $u=r-FX$（r 为系统作用函数）确定状态反馈矩阵 $F=(f_1\ f_2)$，要使闭环系统的阻尼比 $\zeta=\frac{1}{\sqrt{2}}$ 及无阻尼自然振荡频率 $\omega_n=6\sqrt{2}$

2. 设本系统状态x_1 x_2均不可测，试构造一个二维观测器G以重构状态$\hat{x}$来实现带状态反馈的闭环系统，要求观测器的两个极点均选取为-25。

3. 画出带观测器的状态反馈闭环系统状态变量图，并写出此系统的状态方程。（13分）

六、（5分）判断下列各题的正确性（正确在括号中画√，错误在括号中画×）

1. 在$\alpha=\beta$配合控制有环流可逆调速系统的反向制动过程中

(1) 在本组逆变阶段，电机工作于发电制动状态，将机械能转换为电能回馈电网。（ ）

(2) 本组逆变的任务就是要使电枢电流迅速下降到零。（ ）

(3) 在它组逆变阶段，正组整流，反组待逆变，电动机处于反接制动。（ ）

2. 在逻辑无环流可逆调速系统中

(1) 转矩极性鉴别器和零电流检测器都是逻辑装置的电平检测器，目的是为了提高系统的抗扰能力。（ ）

(2) 在任何情况下，必须是一组触发脉冲开放，封锁另一组触发脉冲，绝不允许两组触发脉冲同时开放，也不允许两组触发脉冲同时封锁。（ ）

七、有一转速电流双闭环可逆调速系统，ASR

和ACR均为PI调节器，已知参数如下：

电动机：10kW，220V，55A，1000r/m，过载倍数 $\lambda=2$，$C_e=0.195$ V/r/m；

触发——晶闸管整流装置增益 $K_s=44$；

电枢回路总电阻 $R=1\Omega$；

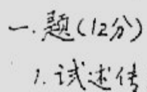
给定信号最大值 U_{nm}^* 和 ASR输出限幅值 U_{im}^* 均为10V，ACR输出限幅值 $U_{ctm}=6$V；

突加额定负载时，系统的动态速降 $\Delta n_{max}=60$r/m；

负载电流 $I_{dL}=0.8I_{nom}$（恒转矩）。

1. 当系统在给定信号 $U_n^*=5$伏稳定运行时，求电动机转速 n，ASR输出 U_i，ACR输出 U_{ct}，电枢电流 I_d 及转速反馈电压 U_n 值。
2. 当系统在 $U_n^*=5$伏稳定运行时，由于某种原因电流反馈线突然断开（设系统允许），经系统调节后又进入新的稳定运行状态，求此时的 n, U_i^*, U_{ct}, I_d 及 U_n 值。
3. 当系统在 $U_n^*=5$伏稳定运行时，由于某种原因转速反馈线突然断开，经系统调节后又进入新的稳定运行状态，求此时的 n, U_i^*, U_{ct}, I_d 及 U 因为
4. 计算在突加最大给定 U_{nm}^* 起动时的系统转速超调量 $\sigma_n\%$。 （20

注：2，3二小题要简要说明各量的变化过程。



一.题(12分)

1. 试述传递函数定义。

2. 试求右示电路传递函数并画出其伯特图。

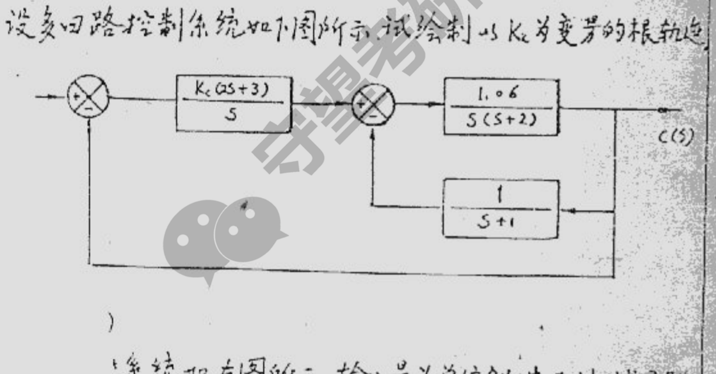
其中: $C_1=1\mu F$, $C_2=50\mu F$

$R_1=10K\Omega$, $R_2=2K\Omega$.

C_1 R_1 C_2 R_2 U_1 U_2

二.题(12分)

设多回路控制系统如下图所示,试绘制以K_c为变量的根轨迹



)

系统如右图所示,输入量为单位斜坡函数,试用解

面上画出初值 $e(0)=0.2$, $\dot{e}(0)=0$ 的相轨迹(标注

出订特殊点的数据）并根据画出的相轨迹对系统运动作必要说明。

r　c　1　-1　a　m　$\frac{1}{S^2}$　c

四题（13分）

设一采样系统如右图所示，采样周期 $T_s=1$

1. 求闭环z传递函数。

2. 试求其在阶跃输入下的输出 $C(KT_s)$

R(s)　SW　T_s　$\frac{1}{s(s+1)}$　C(s)

五题（15分）

设系统状态方程：$\dot{X}=\begin{bmatrix}0 & 1\\ -1 & -2\xi\end{bmatrix}X+\begin{bmatrix}0\\ 1\end{bmatrix}u$　其中 $0<\xi<1$

试求状态转移矩阵 $\Phi(t,0)$。

六题（10分）

试用能控性能观性判据考察如右图所示电路的能控性能观性

其中 u(t) 为输入（4分），y(t) 为输出（6分）

其中：$C_1=C_2=1$ 法拉，$R_1=R_2=1$ 欧姆

u(t)　C_1　C_2　R_1　R_2

七. 某小功率单闭环调速系统原理框图如下图.

（12分）

1. 说明有哪几种反馈，各起什么作用？
2. 画出调速系统的稳态结构图。
3. 写出静特性方程式（注意各符号参数的表达式）。

八. 转速电流双闭环无静差直流调速系统，在额定负载下以额定速度稳定运行。设电枢内阻 R_a 和整流器及电抗器电阻 R_{rec} 上的压降各占电动机额定端电压的10%。（15分）

1. 分别写出转速调节器ASR输出 U_i^* 和电流调节器ACR输出 U_{ct} 的表达式。
2. 若电网电压 U_2 突然下降10%，简述转速自动调节过程，求重新稳定运行时的 U_i^*、U_{ct} 和

题一.(13 分)

弹簧-质量-阻尼器系统如图(a)所示,其运动方程为 $m\frac{d^2x}{dt^2}+f\frac{dx}{dt}+Kx=F$. 当外力 $F=2$(牛顿),(阶跃)作用于该系统时,质量块m的位移x(t)的变化规律如图(b)所示。试确定该系统的参数m, K和f。

F K m x(t) f

图(a)

x(t) 0.0095 0.1米 0 1 2 t(秒)

图(b)

题二.(12 分)

已知一单位反馈系统的开环传递函数为

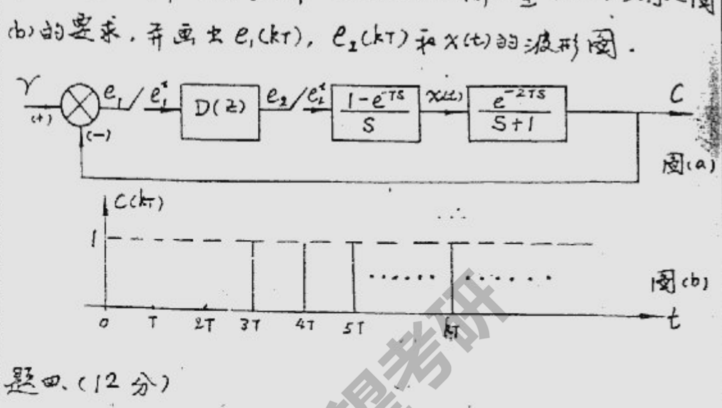
$$G(S)=\frac{K(1+9S)}{S^2(1+S)(1+2S)}$$

1) 画出G(S)的极坐标图(奈氏曲线),

2) 据所作的极坐标图确定该闭环系统稳定的K值.

题三.（13 分）

一数字控制系统的方块图如图(a)所示，试设计 $D(z)$ 使系统在单位阶跃信号输入时，系统的输出量 $c(kT)$ 满足图(b)的要求，并画出 $e_1(kT)$，$e_2(kT)$ 和 $x(t)$ 的波形图.



题四.（12 分）

已知一非线性控制系统的方块图如下图所示，试用描述函数法分析该系统有否自振荡产生；若有，则要求自激振荡的频率和振幅。

死区继电器的描述函数为 $N(A)=\frac{4b}{\pi A}\sqrt{1-(a/A)^2}$

r=0　(+)　(−)　(−)　$\frac{1}{s(s+1)}$　C　$\frac{2}{s}$　1　1

（$a=1$，$b=1$）

题五.（12分）

已知状态方程：$\dot{x}(t)=Ax(t)$，其中A是2×2常数阵.

当 $x(0)=[1 \quad -1]^T$ 时，$x(t)=[e^{-2t} \quad -e^{-2t}]^T$；

$x(0)=[2 \quad -1]^T$ 时，$x(t)=[2e^{-t} \quad -e^{-t}]^T$.

求状态转移矩阵 e^{At} 和矩阵A.

题六.（13分）

设系统的状态方程为

$$\dot{x}=\begin{bmatrix}-1 & 0 & 0\\ 0 & 0 & 10\\ 0 & 1 & 3\end{bmatrix}x+\begin{bmatrix}0\\0\\1\end{bmatrix}u$$

1）求那些极点所对应的状态变量是能控的，那些极点对应的状态变量是不能控的？

2）能否通过状态反馈使该系统稳定，并说明原因.

题七.回答下列问题（15分）

1. 某调速系统的调速范围为1500～150转/分，要求静差率 $S\leq5\%$. 问系统允许的静态速降为多少？

如果开环系统的静态速降是100转/分，则其闭环系统的最小开环放大倍数应为多少？

2. 在可逆调速系统的无环流逻辑控制器DLC

中，为什么要加封锁延时 t_{dbl} 和开放延时 t_{dt}？

3. 转速、电流双闭环无静差调速系统，在额定负载下以某一速度稳定运行：

(1) 若电网电压突然升高10%，问转速调节器ASR和电流调节器ACR输出的稳定值 U_i^* 和 U_K 如何变化？

(2) 若转速反馈线突然断线后，系统进入开环运行，此时ASR和ACR的输出稳定值 U_i^* 和 U_K 如何变化？

(3) 若电流反馈线突然断线后，系统重新进入稳定运行，问ASR和ACR的输出稳定值 U_i^* 和 U_K 又如何变化？

题八、（10分）

已知位置随动系统的方块图如下图所示，要求单位速度输入时，系统的稳态误差为0.2，系统的阻尼比 $\zeta = 0.6$，试求参数 K_p 和 K_c。

θ_r (+) (−) K_p (+) (−) $\frac{2}{S(S+2)}$ θ_c

$K_c S$

题一.(15分)

试用奈奎斯特稳定判据判定下列闭系统的稳定性,并决定闭环系统在S右半平面极点个数.

1. $G(s)H(s)=\frac{K(S+3)}{S(S-1)}$ 2. $G(s)H(s)=\frac{K}{S^3}$

题二.(15分)

设一系统开环传递函数为: $G(s)H(s)=\frac{K}{(S^2+2S+2)(S^2+2S+5)}$

试: 1)画出其根轨迹图.

2)确定根轨迹与jω轴的准确交点.

3)求出系统临界稳定时的静态位置误差系数K_p和静态速度误差系数K_v.

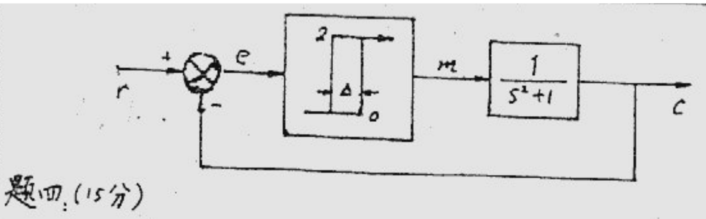
题三.(15分)

设一非线性系统如下图所示、输入量r为单位阶跃函数试用解析法画出该系统的相平面图(取e和$\dot{e}$作为座标)

1) $\Delta=0$

2) $\Delta=0.2$

3)比较上面$\Delta=0$和$\Delta=0.2$结果的区别.并作必要的说明.



题四：（15分）

1. 试分别叙述线性定常系统状态能控和系统状态完全能控的定义。

2. 设一个二阶系统状态方程为：

$$\begin{bmatrix}\dot{x}_1\\ \dot{x}_2\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}1\\ 1\end{bmatrix}u$$

（x_1、x_2为系统状态变量，u为输入变量）

试用图形和文字表明在右图所选定的基本轴的状态空间中能控状态的集合。

3. 对上述系统作座标变换，将状态空间分解为能控子空间和不能控子空间，在上图中画出变换后新的状态变量$\tilde{x}_1$、$\tilde{x}_2$的基轴，并附以必要的说明。

题五：（15分）

设一二阶系统为：

$$\begin{bmatrix}\dot{x}_1(t)\\ \dot{x}_2(t)\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}-1 & 1\\ -4 & -1\end{bmatrix}\begin{bmatrix}x_1(t)\\ x_2(t)\end{bmatrix}+\begin{bmatrix}0\\ 1\end{bmatrix}u(t)$$

1. 该系统能否通过状态反馈而实现闭环极点任意配置，为什么？

2. 设希望闭环极点 $\lambda_1=-6$，$\lambda_2=-7$，试设计状态反馈矩阵 F。

3. 画出带有状态反馈的状态变量图。

4. 试分别求出状态初始值 $X(0)=[1\ 0]^T$ 及输入 $u(t)=0$ 时，原系统和带状态反馈后系统的瞬态响应，并对两者区别作必要文字说明。

题六（8分）

回答下列问题

1. 从能量转换的角度上看，异步电动机的调速系统可以分成哪几类；各有什么特点；举例说明。

2. 为什么说变频调速系统中的三相异步电动机的数学模型是一个高阶、非线性、强耦合的多变量系统？

题七（17分）

直流恒励磁双闭环无静差实验调速系统如下图（负载电流和励磁电流未画出），已知电动机参数为：$U_{nom}=220V$，$I_{nom}=12.5$安，$n_{nom}=1500r/m$，过载倍数 $\lambda=1.5$，整流装置电枢内阻为

$R_{rec}=R_a=1.4\Omega$（忽略电枢反应）。GT-V的电压放大倍数 $K_s=70$，转速给定最大电压和调节器的输出限幅值分别为 $U_{nm}^*=15V$，$U_{im}^*=5V$，$U_{ctm}=3.5V$。GT采用锯齿波触发器。

1. 分别说明ASR和ACR限幅的目的，并从实验中说明ASR和ACR的限幅值分别由什么参数决定？

2. 当系统在 $U_n^*=10V$，$I_{dL}=10$安稳定运行时，分别求出 U_i^*，U_{ct}，I_d及 n 值；若转速反馈线突然断掉，转速将如何变化？最后的稳定转速值应为多少？

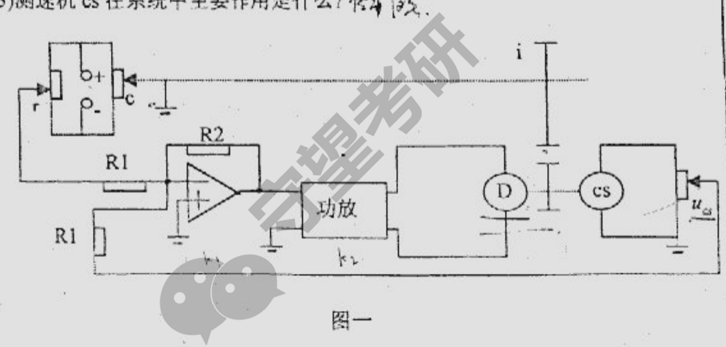
3. 减少负载电流 I_{dL}，系统稳定后的V表读数和转速 n 应如何变化？简述理由。

一、(15%) 图一示简单随动系统,其电位器比例系数 K_1，功放放大倍数 K_2，电动机 D 的传递函数 $\dfrac{\omega(s)}{U(s)}=\dfrac{K_3}{T_m s+1}$，ω为电动机角速度，$U$ 为电动机输入电压。$u_{cs}=\alpha\omega$,α为常数。变比 $i=\dfrac{输出速度}{输入速度}$ 。试:

1)画出系统的方框图;

2)用梅逊公式求出 $\dfrac{C(s)}{R(s)}$,其中 $C(s)=L[c(t)],R(s)=L[r(t)]$;

3)测速机 cs 在系统中主要作用是什么?

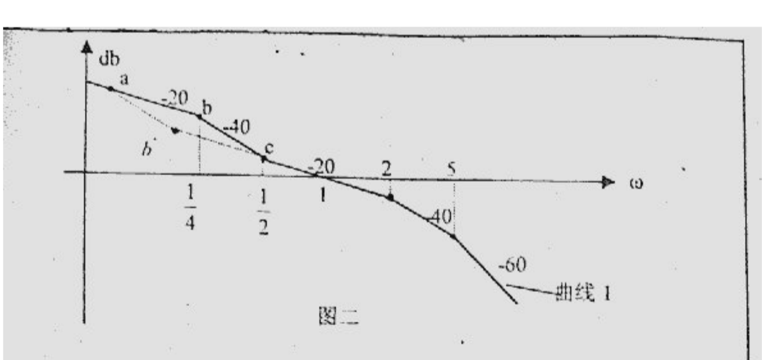


图一

二、(15%) 已知单位反馈最小相位系统 A 的开环频率特性如图二曲线 1 所示。

1) 试求出 A 开环传递函数,并计算相角裕度:

2)如把曲线 1 的 abc 改成 $ab'c$ 而成系统 B,试定性比较系统 A 与 B 的性能。



图二

三、(15%) 有一非线性系统结构如图三(a)，其中非线性环节 G_{n1} 具有死区非线性特性，非线性环节 G_{n2} 具有理想继电器特性。已知 a=1，M=1。

1) 确定系统中串联非线性元件的等效特性；

2) 若系统中线性环节的传递函数 $G(s)=\dfrac{K}{s(s+1)(2s+1)}$，确定系统稳定的最大 K 值；

3) 若 $K=\dfrac{3\pi}{2}$，判定系统是否存在稳定的极限环？若存在，则求出极限环的振幅和频率。

r(t) + - G_{n1} G_{n2} $G(s)$ c(t)

图三（a）

y k -a a x

图三（b）
G_{n1} 输入输出特性
（k 为斜率）

y M -M x

图三（c）
G_{n2} 输入输出特性

注：

死区非线性元件的描述函数 $N(X)=\dfrac{2k}{\pi}\left[\dfrac{\pi}{2}-\arcsin\dfrac{a}{X}-\dfrac{a}{X}\sqrt{1-\left(\dfrac{a}{X}\right)^2}\right]$；

继电非线性元件的描述函数

$$N(X)=\frac{2M}{\pi a}\left[\frac{a}{X}\left(\sqrt{1-\left(\frac{ma}{X}\right)^2}+\sqrt{1-\left(\frac{a}{X}\right)^2}\right)\right]+j\frac{2M}{\pi a}\left[\left(\frac{a}{X}\right)^2(m-1)\right],$$

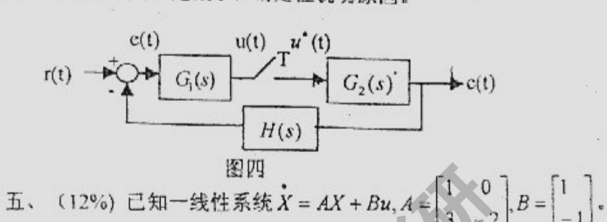
式中(m-1)a 为回环宽度，2ma 为死区宽度，M 为输出幅值。

四、(15%) 有一采样系统如图四，试求：

1)系统输出 $c^*(t)$ 的 Z 变换；

2)如果 $G_1(s)=1, G_2(s)=\dfrac{K}{s(s+1)}, H(s)=1$，采样周期 $T=1$，试证系统稳定的 K 值范围： $0<K<2\coth(\dfrac{1}{2})$。

3) 如果在 2)的情况下，在采样开关后增加一个零阶保持器，为使系统稳定，K 值范围应增大还是减小？请定性说明原因。



图四

五、(12%) 已知一线性系统 $\dot{X}=AX+Bu, A=\begin{bmatrix}1 & 0\\ 3 & -2\end{bmatrix}, B=\begin{bmatrix}1\\ -1\end{bmatrix}$。

1) 证明：对系统作线性非奇异变换后，其特征值不变；

2) 将状态方程化为对角线规范型；

3) 将状态方程化为能控规范型。

六、(10%) 设系统方程为：$\begin{cases}\dot{x}_1(t)=x_2(t)\\ \dot{x}_2(t)=-x_1^3(t)-x_2(t)\end{cases}$，试用李亚普诺夫第二法分析系统的稳定性。

七、(18%) 设控制系统的传递函数 $G_o(s)=\dfrac{1}{s(s+4)}$，要求综合后系统的阻尼比 $\xi=\dfrac{\sqrt{2}}{2}$，无阻尼自然振荡频率 $\omega_n=3\sqrt{2}$。

1) 设计一状态反馈阵 K，并画出构成的状态反馈闭环系统的结构；

2) 试确定一个二维观测器构成的状态反馈闭环系统，要求观测器极点为-10，-20，并画出带观测器的闭环系统结构。

3) 试确定一个一维观测器构成的状态反馈闭环系统，要求观测器极点为-20，并画出带观测器的闭环系统结构。

4) 简述状态反馈极点配置和观测器极点配置的原则。

浙 江 大 学

二〇〇三年攻读硕士学位研究生入学考试试题

考试科目 控制理论　　　　编号 440

注意：答案必须写在答题纸上，写在试卷或草稿纸上均无效。

一．（10 分）已知电路如图 1，设初始状态为零，试求：输入量为 $u_r(t)$，输出量为 $u_0(t)$ 时系统的传递函数。

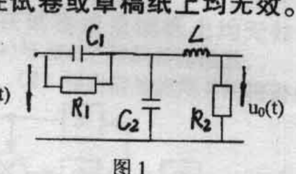


图 1

二．（20 分）已知系统如图 2 所示，试求：

(1)参数 P 对单位斜坡输入时的稳态误差的影响；

(2) 画出根轨迹的大致形状（给出关键点），并指出临界阻尼时 P 的取值；

(3) 超调量 $M_P = 0.163$ 时，P 的值为多少？

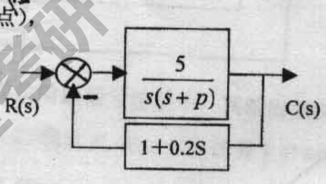


图 2

三．（20 分）设控制系统如图 3 所示，试确定参数 K 的值，需同时满足条件：

(1) 单位斜坡输入下的稳态误差 $e_{ss} \le 13.5$；

(2) 单位阶跃输入响应没有超调。



图 3

四．（20 分）已知负单位反馈系统，开环传递函数 $G(S)=\frac{1}{S^2}$；

(1) 试设计一个合适的校正网络，使相位裕量 γ=45 度，加速度误差系数 Ka=2；

(2)画出校正装置的电路图，并求出当电容 C=1μF 电路其它元件的参数。

五．（15 分）某离散控制系统如图 4 所示，采样周期 T=1 秒，试求：

(1) 闭环脉冲传递函数；

(2) 判断该离散控制系统的稳定性。

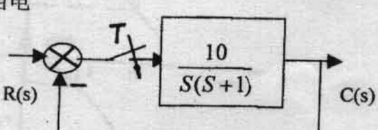
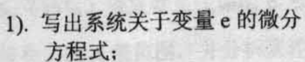


图 4

六．（15 分）已知带有库仑摩擦的随动系统如图 5 所示，设输入信号为零，初始条件为：$e(0)=3.5$，$\dot{e}(0)=0$，试求：



1). 写出系统关于变量 e 的微分方程式；

2). 在 $e-\dot{e}$ 平面上画出系统相轨迹；

3). 系统稳态误差为多少？

图 5

七．（15 分）有系统 $\begin{cases}\dot{x}_1 = kx_2 \\ \dot{x}_2 = -x_1\end{cases}$ （k 为大于 0 的常数）应用 Lyapunov 第二法分析系统的平衡状态及其稳定性。

八．（15 分）已知线性定常系统：

$$\dot{x}=\begin{bmatrix}-2 & 1 & 0\\ 0 & -2 & 0\\ 0 & 0 & -1\end{bmatrix}x+\begin{bmatrix}0\\1\\1\end{bmatrix}u \qquad y=\begin{bmatrix}0 & 1 & 0\end{bmatrix}x$$

(1) 写出系统的传递函数；

(2) 判别系统的能控性和能观性，并指明每个状态变量的能控性、能观特性。

九．（20 分）电枢控制式直流伺服电机由下列方程描述：

$$V_a = R_a i_a + L_a\frac{di_a}{dt} + E_b \qquad M_m = C_m\phi i_a$$

$$E_b = Ce\phi\frac{d\theta}{dt} \qquad M_m = J\frac{d^2\theta}{dt^2} + f\frac{d\theta}{dt}$$

其中 V_a 为电枢电压，θ 为电机角位移。

（1）取 θ $\dot{\theta}$ $\ddot{\theta}$ 为状态变量，写出系统的状态空间描述模型；

（2）当 $J=f=L_a=Ce\phi=C_m\phi=1, R_a=5$ 时，设计出系统极点为于－2，－3±j3 的状态反馈。

（3）参数同（2），并假设只有系统输出可直接测量，设计出使极点位于 $-5\pm j2$ 的状态观测器，重构不能直接测量的另外二个状态变量。

（4）画出（2）、（3）所设计的带有状态观测器的状态反馈系统状态变量图。

浙 江 大 学

二OO四年攻读硕士学位研究生入学考试试题

考试科目 控制理论　　　　编号 436

注意：答案必须写在答题纸上，写在试卷或草稿纸上均无效。

1.（20%）一机械系统如图 1 所示。图中力 F 为输入量，位移 y_1、y_2 为输出量，m 是质量，f 是粘滞阻尼系统，k 是弹簧的弹性系统。

（1）写出系统的运动微分方程；（2）求系统的传递函数 $Y_1(s)/F(s), Y_2(s)/F(s)$。

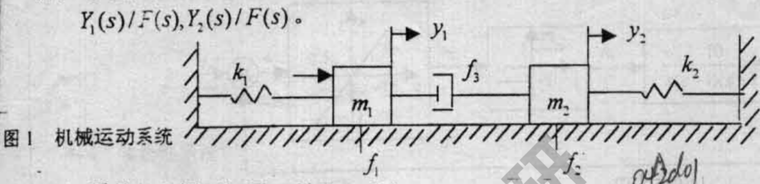


图 1　机械运动系统

2.（15%）系统的方框图如图 2 所示。试求：

（1）当 $a=0$ 时，系统的 ξ 及 ω_n 之值；　（2）如要求 $\xi=0.707$，试确定 a 值。

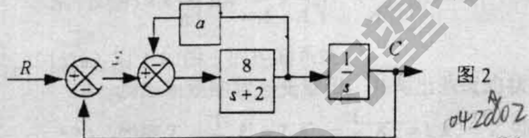


图 2

3.（15%）设单位负反馈系统的开环传递函数为：$G(s)=\dfrac{K(1-s)}{s(s+2)}$

（1）试用根轨迹法画出该系统的根轨迹，并给出关键点的值；

（2）求出系统临界稳定时的 K 值。

4.（15%）单位负反馈系统的开环传递函数为：$G(s)=\dfrac{10}{0.5s+1}$

输入信号 $r(t)=t$ 时，稳态误差 $e_{ss}(\infty)\le 0.004$，超调量 $\sigma_p\le 25\%$，调节时间 $t_s\le 0.2$ 秒。

（1）试用频率法设计串联校正系统。

（2）画出校正前后的 Bode 图，并比较相位裕量及幅值裕量的变化。

注：高阶系统动态指标转换经验公式：$M_r=\dfrac{1}{\sin\gamma}(1.1<M_r<1.8)$

$$\sigma_p=0.16+0.4(M_r-1)$$

$$t_s=\frac{\pi}{\omega_c}[2+1.5(M_r-1)+2.5(M_r-1)^2]$$

5.（15%）离散系统如图 3 中（a）、（b）所示。

（1）求出相应的输出量的 Z 变换（列写推导过程）；

（2）在图 3(b) 中，若 $G_1(z)=\dfrac{3.826(1-0.5866z^{-1})(1-0.368z^{-1})}{(1-z^{-1})(1+0.592z^{-1})}$，

$G_2(s)=\frac{(1-e^{-Ts})}{s}\frac{10}{s(0.1s+1)}$，$H(s)=1$，采样周期 $T=0.1\text{s}$，那么在单位速度输入时，$G_1(z)$ 的脉冲输出信号，并说明控制器 $G_1(z)$ 的作用。

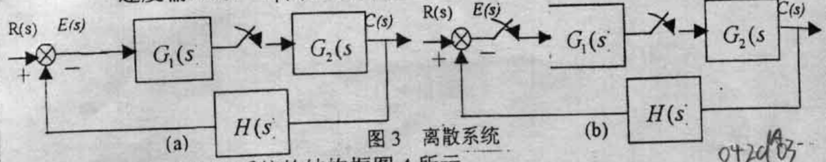


图 3 离散系统

0420103

6.（20%）已知非线性系统的结构框图 4 所示。

（1）求非线性环节的等效输入、输出特性及其描述函数；

（2）试用描述函数法分析其稳定性。若存在自振荡，则求其频率和幅值。

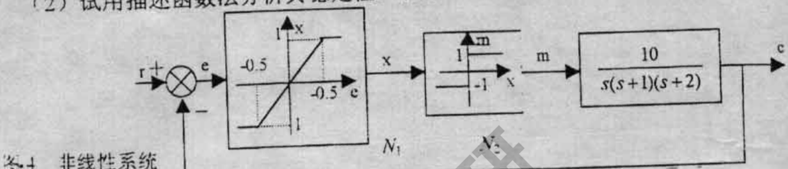


图 4 非线性系统

0420104 A

图中非线性环节的描述函数分别为：

$$N_1:N(A)=k\frac{2}{\pi}\left[\sin^{-1}\frac{a}{A}+\frac{a}{A}\sqrt{1-(\frac{a}{A})^2}\right],A>a \qquad N_2:N(A)=\frac{4b}{\pi A}$$

7.（15%）对于如图 5 的控制系统。

（1） 画出系统的状态变量图，并写出系统的状态空间描述；

（2） 如取 $T_f=\frac{1}{3},K=2,K_f=\frac{1}{6},K_g=1,K_b=2$，并设 $u_g(t)$、$u_f(t)$ 的初值为 0，求出输入 $u_r(t)=1(t)$（单位阶跃函数）时，系统的状态响应及输出响应。

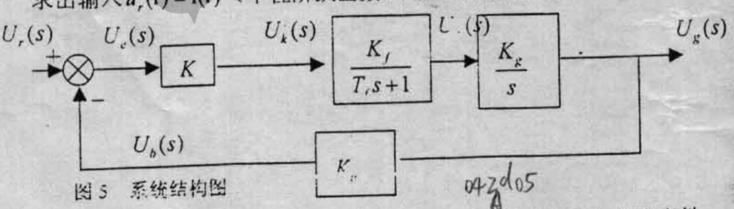


图 5 系统结构图

0420105 A

8.（15%）根据 Lyapunov 稳定性理论（第二法）研究下述系统在原点的稳定性：

$$\begin{cases}\dot{x}_1=-x_2+ax_1^3\\ \dot{x}_2=x_1+ax_2^3\end{cases}$$

9.（20%）给定受控系统：$G_0(s)=\frac{10(s+1)}{s(s+1)(s+2)}$，试研究采用状态反馈配置闭环极点为 $-2,-1\pm j$ 的可能性。

浙 江 大 学

二○○五年攻读硕士学位研究生入学考试试题

考试科目 控制理论　　编号 436

注意：答案必须写在答题纸上，写在试卷或草稿纸上均无效。

1.（12%）简化图 1 所示的系统方框图，求 $C(s)$与 $R(s)$之间的传递函数。

（1）用方框图简化方法（列出过程）；（2）画出信号流图并用梅逊公式计算。

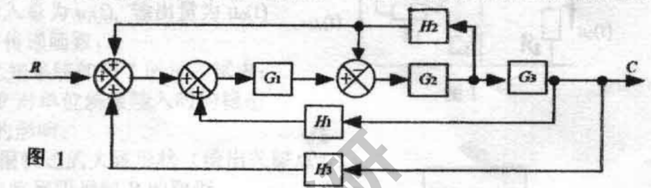


图 1

2.（18%）某控制系统结构如图 2 所示。在单位阶跃信号激励下，其输出如图 3。

（1）求系统的超调量 M_p，峰值时间 t_p；（2）确定 K_1,K_2；（3）计算上升时间 t_r，调整时间 t_s。

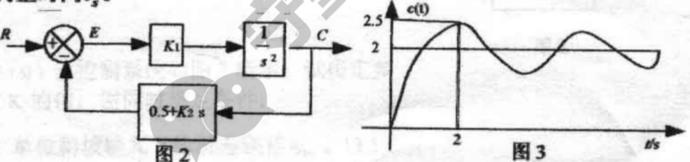


图 2　　图 3

3.（20%）单位负反馈系统如图 4，环节 $G_1(s)$的频率特性 $G_1(j\omega)$（幅频折线图和相频图）如图 5。

（1） 求传递函数 $G_1(s)$；

（2）绘制此系统的根轨迹，并求解此闭环系统稳定的 K 值范围。（给出主要步骤）。

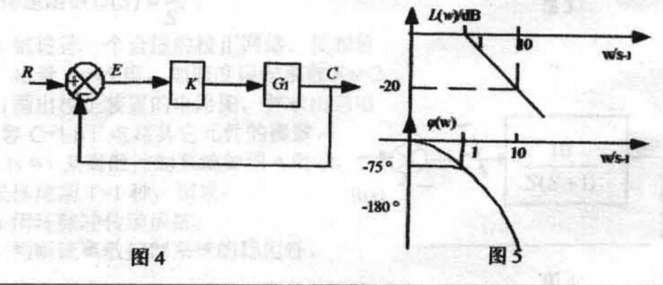


图 4　　图 5

4、（15%）设单位负反馈控制系统的开环传递函数为：

$$G(s)=\frac{K}{s(s+2)}$$

要求性能指标为：阻尼比 $\xi=0.5$，无阻尼自然频率 $\omega_n=4s^{-1}$，静态误差系数 $K_V\geq 5$，试用根轨迹法设计一串联超前校正装置，满足性能指标的要求。

5、（15%）设采样系统如图 6 示，其中 $G(s)=\dfrac{K}{s(s+4)}$，采样周期 $T=0.25s$。求能使系统稳定的 K 值范围，并分析采样开关对系统稳定性的影响。



图 6 采样系统

6、（20%）一非性系统如图 7 所示，试绘制系统在阶跃信号输入时 $e-\dot{e}$ 的相轨迹，并分析系统的稳定性。

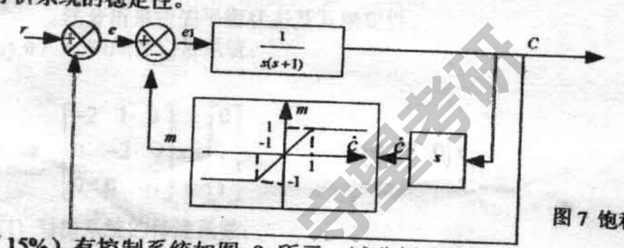


图 7 饱和非线性系统

7.（15%）有控制系统如图 8 所示。试分析系统的状态完全能控性，并证明当 $x_1(0)=x_2(0)$ 时，系统状态是能控的。

$u(s)$ +   + $\frac{1}{s+1}$ $x_1(s)$ $\frac{1}{s+2}$ $x_2(s)=y(s)$

图 8 系统结构图

8.（15%）给出使线性离散系统 $X(k+1)=\begin{bmatrix}0&1&0\\0&0&1\\0&\frac{K}{2}&0\end{bmatrix}X(k)$ $(k>0)$，在原点渐近稳定的 K 的取值。

9.（20%）有系统：

$$\dot{X}=\begin{bmatrix}1&3\\0&-1\end{bmatrix}X+\begin{bmatrix}0\\1\end{bmatrix}u$$

$$y=\begin{bmatrix}1&1\end{bmatrix}X$$

设系统的状态变量不能直接测量，试设计具有状态观测器的状态反馈系统，其闭环极点的位置为 $-1\pm j$，状态观测器的响应速度为闭环系统响应速度的 2 倍。并画出具有状态观测器的状态反馈系统的状态变量图。